

집적 영상에 기반한 2차원 3차원 변환 가능 컬러 디스플레이

김윤희, 조성우, 이병호
 서울대학교 전기 컴퓨터 공학부, 광공학 및 양자전자 연구실

3D/2D convertible color display based on modified integral imaging

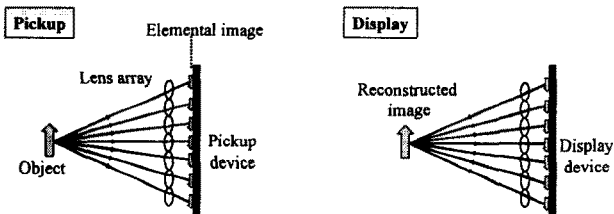
Yunhee Kim, Seong-Woo Cho and ByoungHo Lee
 School of Electrical Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea

Abstract - 본 논문에서는 집적 영상에 기반한 2차원/3차원 변환 가능한 디스플레이에서 기초 영상을 표시하는 투과형 디스플레이 소자로서 기존의 광변조기 대신 LCD (liquid crystal display) 패널을 사용하여 컬러 디스플레이를 구현하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 제안된 방법의 원리를 설명하고 실험 결과를 보여주도록 하겠다. 또한 예상되는 색 분산 문제점에 대하여 살펴보고 이의 원인을 분석하고 해결 방법을 제안하여 2차원/3차원 변환 가능한 컬러 디스플레이를 구현하는 방법에 대하여 논하도록 하겠다.

1. 서 론

집적 영상 기술 (integral imaging) 은 3차원 영상을 디스플레이 하는 기술로서 1908년 Lippmann에 의해 처음 제안되었다.[1] 집적 영상 기술은 3차원 영상을 관찰하기 위한 특수한 안경이 필요 없고, 좌우 방향 뿐 아니라 상하 방향으로도 시차를 가지고 있으며, 일정한 시야각 내에서 연속적인 시점을 가지는 등 다른 3차원 디스플레이 기술과 비교하여 많은 장점을 가지고 있다. 또한 1990년대 들어 charge coupled device (CCD) 카메라와 고해상도 텔레비전과 같은 전자 기기의 발달로, 실시간 3차원 동영상을 천연색으로 재생할 수 있게 되어 있어 최근 많은 각광을 받고 있다.

집적 영상 기술은 여러 개의 작은 렌즈들의 행렬로 이루어진 렌즈 어레이와 디스플레이 소자를 이용하며, 그림 1과 같이 기본적으로 픽업과 디스플레이의 두 가지 단계로 구성된다.



<그림 1> 집적 영상의 원리

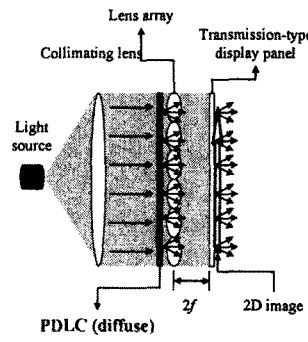
픽업 단계에서는 디스플레이 하고자 하는 3차원 물체가 렌즈 어레이의 각 렌즈를 통해 맺힌 영상들을 픽업 소자, 즉 CCD 카메라 등을 이용하여 저장한다. 이는 물체를 여러 다른 각도에서 바라본 2차원 영상들의 어레이로서 물체의 3차원 정보를 담고 있으며 이를 기초 영상이라고 부른다. 다음 디스플레이 단계에서는 위의 픽업 단계에서 저장한 기초 영상을 디스플레이 하고 역으로 렌즈 어레이를 통과하게 하여 3차원 물체를 재생한다. 그러나 이와 같이 렌즈 어레이를 디스플레이 소자의 앞에 위치시켜 3차원 영상을 재생하게 되면, 단지 3차원 디스플레이만 가능할 뿐 기존의 2차원 디스플레이는 불가능하게 되는 단점이 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 최근 집적 영상 기술에 기반한 2차원/3차원 변환 가능한 디스플레이가 제안된 바 있다.[2, 3] 이는 polymer-dispersed liquid crystal (PDLC)와 렌즈 어레이, 투과형 디스플레이 소자를 이용하여 PDLC의 작동에 따라 2차원/3차원 변환이 가능하도록 한 방법으로서, 그림 2가 그 기본 개념도를 보여주고 있다. 2차원 모드에서는 PDLC를 불투명하게 하여 광원으로부터 나온 빛이 PDLC에 의해 산란되도록 한다. 산란된 빛은 렌즈어레이를 통과하여 투과형 디스플레이의 후면광 역할을 하게 되어 2차원 디스플레이를 할 수 있게 된다. 3차원 모드에서는 PDLC에 전압을 가해 주어 투명하게 한다. PDLC가 투명하게 되면 광원으로부터 나온 평행한 빛이 렌즈어레이의 각 렌즈에 의해 기초영상의 초점거리에 모여 점광원 어레이를 만들게 되고, 점광원에서 나온 빛이 투과형 디스플레이에 의해 변조되어 3차원 영상을 생성하게 된다. 이와 같은 방법을 이용하여 2차원/3차원 변환 가능한 디스플레이를 구현할 수 있다. 그러나 기존의 방법에서는 투과형 디스플레이 소자로 공간 광변조기(SLM)를 이용하므로 2차원이나 3차원에서 회색조의 영상만을 표현할 수 있는 문제점이 있다.

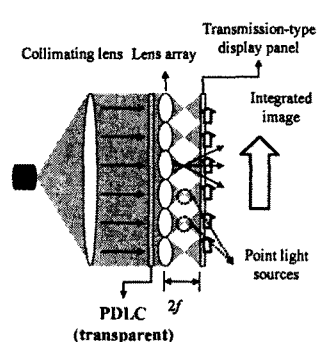
본 논문에서는 위에서 설명한 PDLC를 이용한 2차원/3차원 변환 가능 흑백 디스플레이를 발전시킨 2차원/3차원 변환 가능 컬러 디스플레이를 제안한다. 간단한 방법으로 기존의 투과형 디스플레이 소자인 광변조기 대신 컬러 LCD 패널을 이용하는 방법을 제안하고, 그 원리와 이 때 예상되는 문제점인 색분산 현상에 대해 살펴보고 하겠다. 색분산 현상의 원인을 분석하고 해결방안을 찾아내어 2차원/3차원 변환 가능한 컬러 디스플레이를 구현하는 방법들을 제안하도록 하겠다.

러 LCD 패널을 이용하는 방법을 제안하고, 그 원리와 이 때 예상되는 문제점인 색분산 현상에 대해 살펴보고 하겠다. 색분산 현상의 원인을 분석하고 해결방안을 찾아내어 2차원/3차원 변환 가능한 컬러 디스플레이를 구현하는 방법들을 제안하도록 하겠다.

◆ 2D mode



◆ 3D mode



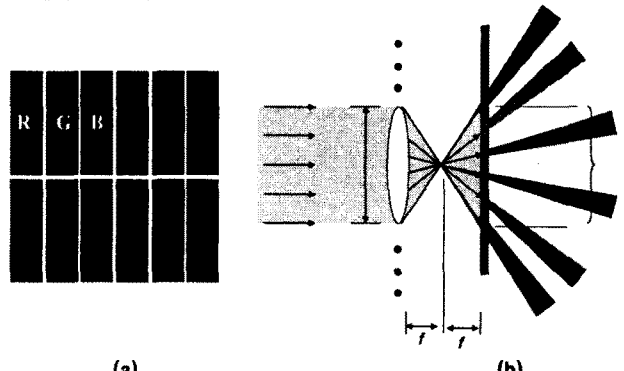
<그림 2> 2차원/3차원 변환가능 디스플레이 개념도

2. 본 론

2.1 LCD 컬러 패널 이용

가장 간단한 방법으로 흑백의 광변조기 대신에 컬러 LCD 패널을 이용하는 방법을 생각해 보자. 일반적으로 TFT LCD 패널은 R, G, B의 삼원색으로 구성된 컬러 필터를 이용하여 색을 표현하는데, 이 때 삼원색은 대부분 그림 3의 (a)와 같이 줄무늬 형태로 배열되게 된다. 이를 기존의 광변조기 대신 이용하면 간단하게 컬러 2차원과 3차원을 표현할 수 있을 것으로 예상할 수 있다.

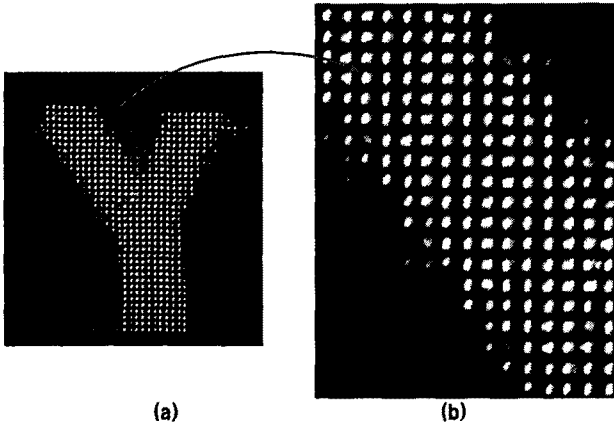
2차원/3차원 변환 가능한 디스플레이의 경우, 3차원 모드에서 기초 영상은 기초렌즈의 초점에 맺힌 점광원을 중심으로 각 샘플링을 하여 얻게 된다. 관찰자는 이와 같이 각 샘플링 된 기초 영상을 통해 관찰 각에 따라 시차가 다른 영상을 보게 되어 3차원 영상으로 인식하게 된다. 그러나 이 때 그림 3(a)와 같은 R, G, B 구성의 컬러 필터를 가지고 있는 LCD가 사용되고, 또한 각 픽셀의 크기가 크다면 그림 3의 (b)와 같이 관찰 각에 따라 시차뿐 아니라 색이 다른 영상을 관찰하게 되어 3차원 영상의 색분산 현상이 일어나게 된다.



<그림 3> (a) R, G, B의 줄무늬 배열 (b) 3차원 모드에서 예상되는 색 분산 현상

실험에서는 3.3mm 초점거리를 갖는 크기 1mm의 사각 기초렌즈가 가로 세로 각각 50개씩 배열된 렌즈 어레이를 사용하였다. 컬러 LCD 패널의 픽셀크기는 가로 세로 각 0.254mm 이고 줄무늬 형태로 색이 배열된 컬러 필터가 사용되었다. 이 때 점광원 어레이를 생성하기 위해 렌즈와 평행광 대신 후면광과 핀홀 어레이를 사용하여도 동일한 결과를 얻을 수 있다. 여기

서는 간격이 1mm인 가로 세로 각각 50개의 핀홀로 구성된 핀홀 어레이와 후면광을 이용하여 실험하였다. 그림 4가 실험결과를 보여주고 있다. 문자 'Y'가 디스플레이 패널로부터 40mm 앞에 위치하도록 하였고 문자의 색은 노란색이다. 결과에서 볼 수 있듯이 영상이 잘 표현되었으나, 확대한 결과를 자세히 살펴보면 영상의 경계에서 색분산이 일어나 빨간색과 녹색이 관찰되는 것을 볼 수 있다.



〈그림 4〉 (a) LCD이용한 경우 재생된 3차원 컬러 영상 (b) 확대한 결과

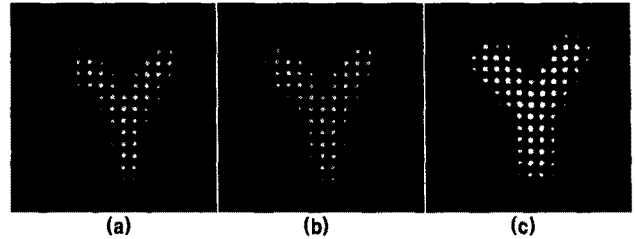
이와 같은 색분산 현상은 컬러필터 각 픽셀의 크기가 기초렌즈 크기에 비하여 클수록 색 간의 각도가 증가하여 심해질 것으로 예상되므로, 고해상도의 투과형 컬러 디스플레이를 사용할 수 있다면 색분산 현상을 줄일 수 있다. 그러나 근본적으로 색분산 현상은 R, G, B가 줄무늬 모양으로 규칙적으로 배열되어 점광원으로부터 각 색에 해당되는 각도가 정해지기 때문에 발생한다. 그러므로 R, G, B가 비교적 잘 섞여 있는 모자이크 형의 컬러 필터 또는 델타 형의 컬러필터를 사용하여도 이러한 색분산을 완화시킬 수 있을 것이다.

2.2 시분할 방법 이용

위에서 언급한 바와 같이 색분산 현상의 근본적인 원인은 R, G, B가 공간적으로 분리된 컬러필터에 기인한다. 이는 색 별로 각도 샘플링이 되기 때문이다. 이를 해결하기 위해 R, G, B를 공간적으로 분리하지 않고 시간적으로 분리하여 R, G, B컬러를 빠른 속도로 바꾸어 주며 색을 구현하는 디스플레이 방식을 적용한다면 이를 해결할 수 있을 것이다.

실험에서는 위와 동일한 렌즈 어레이가 사용되었고, LCD 대신 흑백의 공간 광변조기와 R, G, B 컬러 필터를 구현하기 위한 삼색의 셀로판지가 사용되었다. 사용된 광변조기의 픽셀크기는 가로 세로 각각 0.036mm이다. 동일한 'Y' 문자가 사용되었는데 디스플레이 패널의 해상도 차이로 픽셀크기가 큰 LCD를 사용한 경우보다 영상의 크기가 작아진 것을 확인할 수 있다.

그림 5가 실험결과를 보여주고 있다. (a)는 후면광의 색이 빨간색일 경우 재생된 3차원 영상을, (b)는 녹색일 경우 재생된 3차원 영상을 보여주고 있다. 그림 5의 (c)는 그림 5의 (a)와 (b)를 더하여 합성한 결과이다. 표현하고자 하는 영상의 색이 노랑이므로 후면광의 색이 빨강일 때와 후면광의 색이 녹색일 때는 각 픽셀이 후면광을 통과시키고, 후면광의 색이 파랑일 때는 광변조기가 후면광을 통과시키지 않는다. 이와 같은 R, G, B의 시분할이 빠른 속도로 일어나 사람이 잔상효과를 느끼게 되면 그림 5의 (c)와 같은 결과를 얻게 될 것이다. 예상한 바와 같이 시분할 방법을 이용할 경우는 색분산의 원인이 근본적으로 해결되어 올바른 컬러의 3차원 영상을 관찰할 수 있게된다.



〈그림 5〉 시분할 방법을 이용한 3차원 컬러 영상 재생 (a) 후면광의 색이 빨간 경우, R (b) 녹색인 경우, G (c) 합성한 결과

3. 결 론

본 논문에서는 2차원/3차원 변환 가능한 컬러 디스플레이를 제안하였다. 간단한 방법으로 기존의 광변조기 대신 컬러 LCD를 이용하는 방법이 있는데 이 경우 픽셀의 크기가 커지면 색분산 현상이 나타나게 되므로 고해상도의 LCD를 사용하거나, R, G, B가 공간적으로 잘 섞여 있는 모자이크나 델타 형의 컬러 필터형의 LCD를 사용하면 이를 완화할 수 있다. 근본적인 색분산 해결방법으로는 시분할 색표현을 이용하는 방법이 있는데 R, G, B 후면광과 해당하는 기초 영상을 동기 시켜 빠르게 구동하여 주면 잔상효과를 야기하여 색분산 없는 컬러 디스플레이를 구현할 수 있다. 제안된 방법들을 이용하여 2차원/3차원 변환 가능한 컬러 디스플레이를 구현할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] G. Lippmann, "La photographie integrale," Comptes-Rendus, Acad. Sci. 146, pp. 446-451 (1908).
- [2] J.-H. Park, H.-R. Kim, Y. Kim, J. Kim, J. Hong, S.-D. Lee and B. Lee, Opt. Lett. vol. 29, pp. 2724-2736 (2004).
- [3] J.-H. Park, J. Kim, J.-P. Bae, Y. Kim, and B. Lee, JJAP, vol. 44, pp. L991-L994 (2005).